

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
27.04.2022 Patentblatt 2022/17

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23N 5/12 ^(2006.01) **F23N 5/24** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21203275.9**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23N 5/123; F23N 5/242

(22) Anmeldetag: 18.10.2021

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
 GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
 PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:

- **KLENKE, Timo Christian**
35039 Marburg (DE)
- **GEHLERT, Tino**
59955 Winterberg (DE)

(74) Vertreter: **MERH-IP Matias Erny Reichl Hoffmann**
Patentanwälte PartG mbB
Paul-Heyse-Strasse 29
80336 München (DE)

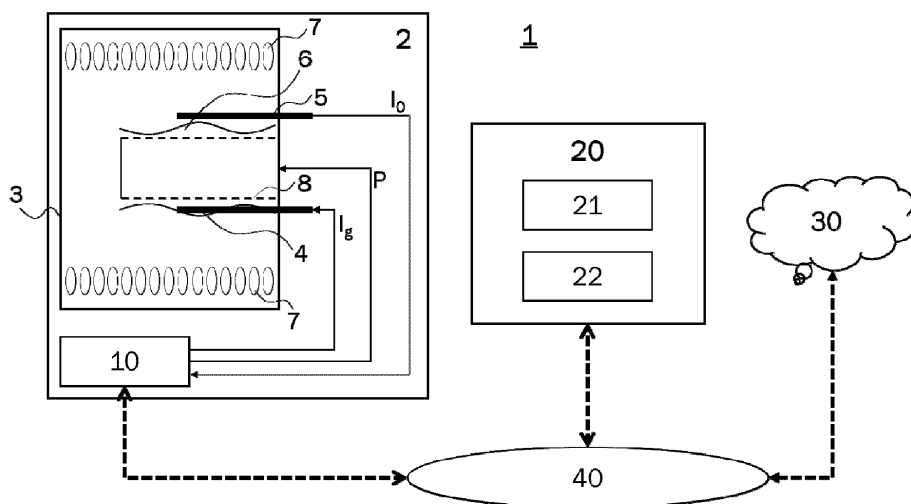
(30) Priorität: 20.10.2020 DE 102020127558

(71) Anmelder: **Viessmann Climate Solutions SE**
35108 Allendorf (DE)

(54) HEIZUNGSANLAGE UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER HEIZUNGSANLAGE

(57) Eine Heizungsanlage (1) umfasst einen Wärmeerzeuger (2) zum Erhitzen eines Wärmeträgermediums. Der Wärmeerzeuger (2) umfasst einen Brenner (3), eine Zündelektrode (4), eine Ionisationselektrode (5), einen Wärmetauscher (7) und eine Regeleinrichtung (10) zum Regeln eines Betriebszustands des Wärmeerzeugers (2) in Abhängigkeit von Regelparametern (Pa). Die Regeleinrichtung (10) überträgt regelmäßig eine Vielzahl von Messwerten über den Betriebszustand des Wärmeerzeugers (2) an eine Datenverarbeitungsvorrichtung (20) und empfängt Regelparameter (Pa) zum Regeln des

Wärmeerzeugers (2) von der Datenverarbeitungsvorrichtung (20). Die Datenverarbeitungsvorrichtung (20) speichert die von der Regeleinrichtung (10) empfangenen Messwerte in einer Speichereinrichtung (21) und berechnet in Abhängigkeit der gespeicherten Messwerte eine verbleibende Lebensdauer der Ionisationselektrode (5). Falls die berechnete verbleibende Lebensdauer gleich groß wie oder kleiner als ein erster Grenzwert ist, bestimmt die Datenverarbeitungsvorrichtung (20) einen korrigierten Satz Regelparameter (Pa) für die Regeleinrichtung (10).



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Heizungsanlage und ein Verfahren zum Betreiben einer Heizungsanlage. Insbesondere sind die Heizungsanlage und das Verfahren dazu ausgelegt, eine thermische Beanspruchung einer Ionisationselektrode eines Gasbrenners zu minimieren, um deren Lebensdauer zu verlängern.

[0002] Eine gattungsgemäße Heizungsanlage weist einen Wärmeerzeuger mit einem Brenner, insbesondere einen Gasbrenner auf, der mit einem Brenngas und Luft betrieben wird. Der Brenner hat einen Flammkörper, aus dem ein Gas bzw. ein Gas-Luft-Gemisch in einen Brennraum, der den Flammkörper umgibt, austritt. Nach Zünden des Gas-Luft-Gemischs mittels einer Zündelektrode bildet sich um den Flammkörper eine Flamme. Die räumliche Ausdehnung der Flamme, wird im Folgenden auch als Reaktionszone bezeichnet. In der Reaktionszone finden die Verbrennungsprozesse statt. Die geometrische Ausdehnung der Reaktionszone und die Temperatur können in Abhängigkeit eines Modulationsgrads des Brenners variieren. Der Modulationsgrad beschreibt eine eingestellte Leistung des Brenners in Prozent der Maximalleistung. Die Leistung des Brenners hängt im Wesentlichen von der zugeführten Menge an Brennstoff und für die Verbrennung zur Verfügung stehenden Luft, und insbesondere von deren Verhältnis zueinander ab.

[0003] Die Verbrennung des Gas-Luft-Gemischs im Brenner wird üblicherweise mit einer Ionisationselektrode überwacht, die in der Nähe des Flammkörpers angeordnet ist und sich in oder nah bei der Reaktionszone befinden kann. Je nach Modulationsgrad des Brenners ist die Ionisationselektrode einer unterschiedlichen hohen thermischen Belastung und/oder korrosiven Belastung ausgesetzt, die das Material der Ionisationselektrode verändern bzw. schädigen kann, so dass es zu Alterungseffekten kommt, die auch als Degradation bezeichnet werden. Nach einer bestimmten akkumulierten thermischen und/oder korrosiven Belastung kann es zu einer Schädigung und somit zu einem Ausfall der Ionisationselektrode und/oder zu einem geschwächten Messsignal der Ionisationselektrode kommen, was zur Folge haben kann, dass ein sicherer Betrieb des Brenners nicht mehr gewährleistet werden kann. Um einen Ausfall der Ionisationselektrode und somit des Brenners zu vermeiden, werden Ionisationselektroden daher meist vorsorglich bei standardmäßiger Wartung einfach ausgetauscht, so dass ein Austausch auch dann stattfinden kann, obwohl die Elektroden noch keine signifikanten Degradationseffekte aufweisen.

[0004] Ein Brenner mit Zündelektrode und Ionisationselektrode wird beispielsweise in der EP 3 581 850 beschrieben. Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Regenerieren einer Ionisationselektrode wird in der DE 10 2019 107 367 A1 offenbart. Der Aufbau von Brennern mit Ionisationsmessung sowie die Regelung eines Brenners werden beispielsweise in der EP 0 770 824 B1 und

der EP 2 466 204 B1 beschrieben.

[0005] Die europäische Patentanmeldung EP 3 290 797 A1 offenbart ein gattungsgemäßes Verfahren zum Erfassen eines Alterungszustands eines Heizsystems. Ein zeitlicher Verlauf einer Verbrennungskenngröße, insbesondere eines Ionisationsstroms, in einem Zündbetrieb wird berücksichtigt. Ferner werden Verfahren zum Festlegen eines Inspektionszeitpunktes des Heizsystems, ein Verfahren zum Steuern eines Zündbetriebs des Heizsystems, eine Steuereinheit, die zum Ausführen eines der Verfahren ausgebildet ist, sowie ein Heizsystem mit der Steuereinheit beschrieben.

[0006] Die deutsche Patentanmeldung DE 100 03 819 C1 beschreibt ein weiteres gattungsgemäßes Verfahren zum Betreiben eines Gasbrenners mit einer Ionisationssonde.

[0007] Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, die aus dem Stand der Technik bekannten Probleme zu lösen und eine gegenüber dem Stand der Technik verbesserte Heizungsanlage bereitzustellen. Insbesondere soll ein Brenner in einem Wärmeerzeuger einer Heizungsanlage so betrieben werden, dass die thermische und/oder korrosive Belastung der Ionisationselektrode möglichst gering sind, so dass eine Degradation der Ionisationselektrode möglichst vermieden oder verringert werden kann. Hierdurch kann insbesondere die Lebensdauer der Ionisationselektrode verlängert werden, so dass eine Wartung des Wärmeerzeugers weniger häufig erfolgen muss.

[0008] Die Lösung der Aufgabe gelingt durch eine Heizungsanlage nach Anspruch 1 sowie durch ein Verfahren zum Betreiben einer Heizungsanlage nach Anspruch 5.

[0009] Die alleinige Verwendung des Begriffs "thermische Belastung" soll im Folgenden eine "korrosive Belastung" nicht ausschließen. Bei Hitzeeinwirkung auf die Ionisationselektrode können beide Effekte gleichzeitig auftreten und zu einer Degradation der Ionisationselektrode führen. Der Begriff "Degradation" soll alle möglichen Folgen auf die Ionisationselektrode umfassen, die insbesondere zu einer Schwächung des Messsignals (des gemessenen Ionisationsstroms) und/oder zu einer Beschädigung des Elektrodenmaterials führen. "Degradation" umfasst somit eine Beschädigung der Ionisationselektrode sowie eine Beeinträchtigung der Funktion der Ionisationselektrode.

[0010] Eine Heizungsanlage für ein Gebäude umfasst mindestens einen Wärmeerzeuger zum Erhitzen eines Wärmeträgermediums und eine Datenverarbeitungsvorrichtung, die kommunikativ mit einer Regeleinrichtung des Wärmeerzeugers verbunden ist.

[0011] Der Wärmeerzeuger umfasst einen Brenner mit einer Zündelektrode zum Zünden eines Brennvorgangs in einem Brennraum des Brenners, einer Ionisationselektrode zum Messen eines Ionisationsstroms in einer Reaktionszone des Brenners und einem Wärmetauscher zum Übertragen der vom Brenner erzeugten Wärme auf das Wärmeträgermedium. Der Wärmeerzeuger umfasst ferner eine Regeleinrichtung zum Regeln eines Betriebs-

zustands des Wärmeerzeugers in Abhängigkeit von Regelparametern.

[0012] Die Datenverarbeitungsvorrichtung umfasst eine Speichereinrichtung zum Speichern von Daten und eine Recheneinrichtung zum Durchführen von Verfahren zum Verarbeiten von Daten, insbesondere von Messwerten, die von einer oder mehreren Wärmeerzeugern empfangen werden.

[0013] Die Datenverarbeitungsvorrichtung kann entweder lokal, beispielsweise im selben Gebäude wie der Wärmeerzeuger, oder geographisch entfernt vorgesehen sein. Insbesondere kann es sich bei Recheneinrichtung um ein über das Internet oder ein sonstiges Netzwerk (z.B. ein "Local Area Network", LAN oder ein "Wide Area Network", WAN) mit dem Wärmeerzeuger verbundenen Server, ein Rechencluster oder dergleichen handeln.

[0014] Die Speichereinrichtung kann beispielsweise als Cloudspeicher oder Netzwerkspeicher implementiert sein, der über das Internet oder das sonstiges Netzwerk kommunikativ mit der Recheneinrichtung und einer Regeleinrichtung eines Wärmeerzeugers oder mehreren Regeleinrichtungen einer Vielzahl von Wärmeerzeugern verbunden ist. Der Datenaustausch zwischen Regeleinrichtung und Datenverarbeitungsvorrichtung kann entsprechend über das jeweilige Netzwerk erfolgen.

[0015] Der Vorteil einer über das Internet angebundene Datenverarbeitungsvorrichtung ist, dass Daten einer Vielzahl von Wärmeerzeugern, die sich geographischer entfernt voneinander (z.B. in unterschiedlichen Gebäuden) befinden können, empfangen, gespeichert und verarbeitet werden können. Hierbei kann es sich um eine Vielzahl baugleicher oder verschiedener Wärmeerzeuger handeln. Insbesondere kann es vorteilhaft sein, Daten einer Vielzahl baugleicher oder bauähnlicher Wärmeerzeuger auszuwerten, die insbesondere baugleiche Ionisationselektroden aufweisen, um für eine bestimmte Bauart von Ionisationselektrode eine spezifische statistische Auswertung empfangener und gespeicherter Messwerte durchzuführen.

[0016] Die Regeleinrichtung des Wärmeerzeugers überträgt regelmäßig, beispielsweise mehrmals pro Sekunde, mehrmals pro Minute, mehrmals pro Stunde oder mehrmals am Tag, jeweils eine Vielzahl von Messwerten über den Betriebszustand des Wärmeerzeugers an die Datenverarbeitungsvorrichtung. Somit kann eine Vielzahl von Messwerten erzeugt werden und ein zeitlicher Verlauf des Betriebszustands des Wärmeerzeugers kann anhand der Messwerte überwacht und/oder ausgewertet werden.

[0017] Die Regeleinrichtung des Wärmeerzeugers kann Regelparameter zum Regeln des Wärmeerzeugers von der Datenverarbeitungsvorrichtung empfangen. Die empfangenen Regelparameter können dann lokal von der Regeleinrichtung gespeichert und zum weiteren Regeln des Wärmeerzeugers verwendet werden. Zusätzlich kann die Regeleinrichtung auch auf lokal gespeicherte Regelparameter zurückgreifen, zum Beispiel wenn eine

Kommunikation mit der Datenverarbeitungsvorrichtung nicht möglich ist. Die lokal von der Regeleinrichtung gespeicherten Regelparameter können die letzten von der Datenverarbeitungsvorrichtung übertragenen Regelparameter sein und/oder es können Regelparameter für einen Normalbetrieb und/oder einen Notbetrieb in der Regeleinrichtung hinterlegt sein.

[0018] Die Datenverarbeitungsvorrichtung empfängt die von der Regeleinrichtung übertragenen Messwerte und speichert sie in der Speichereinrichtung und/oder im Cloudspeicher. In Abhängigkeit einer Vielzahl gespeicherter Messwerte kann die Recheneinrichtung der Datenverarbeitungsvorrichtung Regelparameter für den Wärmeerzeuger bestimmen und eine verbleibende Lebensdauer (Restlebensdauer) der Ionisationselektrode berechnen.

[0019] Falls die von der Recheneinrichtung berechnete verbleibende Lebensdauer der Ionisationselektrode gleich groß wie oder kleiner als ein erster Grenzwert ist, kann sie einen korrigierten Satz Regelparameter bestimmen und an die Regeleinrichtung übertragen.

[0020] Der erste Grenzwert kann beispielsweise in Abhängigkeit einer vorgegebenen Mindestlebensdauer der Ionisationselektrode festgelegt werden. Alternativ kann der erste Grenzwert auch in Abhängigkeit eines Wartungsintervalls des Wärmeerzeugers festgelegt werden. Im Allgemeinen beschreibt der erste Grenzwert eine Mindestlaufzeit, in welcher der Wärmeerzeuger keine Wartung benötigen soll. Im Ergebnis können die Regelparameter also derart bestimmt werden, dass die Ionisationselektrode mindestens bis zum nächsten geplanten Wartungstermin betriebsbereit ist, was bedeutet, dass gemäß der Berechnung durch die Recheneinrichtung kein Ausfall der Ionisationselektrode zu erwarten ist.

[0021] Die Regeleinrichtung des Wärmeerzeugers überträgt mindestens die folgenden Messwerte über den Betriebszustand des Wärmeerzeugers, vorzugsweise zusammen mit einem jeweiligen Zeitpunkt der Messung, regelmäßig an die Datenverarbeitungsvorrichtung:

Betriebszeiten des Brenners und/oder
eine Leistung des Brenners und/oder
Zündzeiten des Brenners und/oder
den Ionisationsstrom.

[0022] Betriebszeiten des Brenners geben diejenigen Zeiträume an, zu denen der Brenner in Betrieb ist. Beispielsweise kann für jeden Messzeitpunkt ein (binärer) Wert übertragen werden, der angibt, ob gerade ein Verbrennungsprozess stattfindet oder nicht. Dieser Wert kann beispielsweise anhand des Ionisationsstroms bestimmt werden.

[0023] Die Leistung des Brenners wird auch als Modulationsgrad oder Modulationsbereich des Brenners ausgedrückt. Diese Werte können jeweils in Watt oder Prozent einer Maximalleistung angegeben werden. In der Regel kann ein Wärmeerzeuger in Abhängigkeit einer vorgegebenen Leistungsabgabe betrieben werden.

In Abhängigkeit der vorgegebenen Leistung kann eine Zufuhr an Brennstoff (bzw. Gas-Luft-Gemisch) geregelt werden. Der Begriff Modulation ergibt sich daraus, dass die Leistung des Brenners stufenlos verstellbar ist. Anstelle eines modulierenden Betriebs kann ein Brenner auch getaktet betrieben werden, wobei der Brenner immer wieder ein- und ausgeschaltet wird, was jedoch einen höheren Verschleiß zur Folge haben kann.

[0024] Zündzeiten des Brenners geben insbesondere Zeitpunkte an, in denen Zündvorgänge mittels der Zündelektrode stattgefunden haben. Ferner kann eine Zündzeit die Zeit von Öffnen des Gasventils bis zum Erkennen einer stabilen Flamme angeben. Die Zündzeit gibt also an, wie lange es dauert, einen Betrieb mit stabiler Verbrennung im Brenner zu erreichen. Hieraus lässt sich beispielsweise erkennen, ob der Brenner normal zündet oder verspätet. Aus der Häufigkeit von Zündvorgängen oder der Länge der Zündzeit können insbesondere Rückschlüsse auf einen Verschleiß des Brenners bzw. dessen Komponenten gezogen werden.

[0025] Der Ionisationsstrom wird mittels der Ionisationselektrode gemessen. Anhand des zeitlichen Verlaufs des Ionisationsstroms können beispielsweise Rückschlüsse auf den Verbrennungsprozess gezogen werden. Ferner kann der Ionisationsstrom verwendet werden, um zu überwachen, dass eine Zündung des Brenners erfolgreich war.

[0026] Zusätzlich können Informationen über einen Gerätetyp des Wärmeerzeugers, eine geographische Position des Wärmeerzeugers, Informationen über das Gebäude und/oder über eine Außentemperatur des Gebäudes übertragen und gespeichert werden. Insbesondere wird die Auswertung der Messwerte in Abhängigkeit des Gerätetyps durchgeführt, da z.B. Bauart und geometrische Anordnung der Ionisationselektrode vom Gerätetyp abhängig sein können. Hinsichtlich der geometrischen Anordnung der Ionisationselektrode ist insbesondere der Abstand zwischen Ionisationselektrode und Flammkörper ein wesentlicher Parameter.

[0027] Die Recheneinrichtung der Datenverarbeitungsvorrichtung kann die verbleibende Lebensdauer der Ionisationselektrode in Abhängigkeit akkumulierter Verweildauern in einer Vielzahl festgelegter Modulationsbereiche des Brenners berechnen, wobei jeder Modulationsbereich einer Leistung des Brenners entspricht. Mit "verbleibender Lebensdauer" ist eine erwartete Mindestlebensdauer der Ionisationselektrode gemeint, wobei hierzu beispielsweise eine statistische Auswertung vorgenommen wird.

[0028] Die Recheneinrichtung der Datenverarbeitungsvorrichtung kann einen ersten Modulationsbereich aus der Vielzahl festgelegter Modulationsbereiche bestimmen, bei dem die berechnete verbleibende Lebensdauer der Ionisationselektrode minimal wird. Hierzu kann insbesondere eine statistische Auswertung der Messwerte durchgeführt werden. In einer Vielzahl von Feldstudien und Simulationen hat sich gezeigt, dass Alterungsprozesse der Ionisationselektrode, insbesondere

aufgrund thermischer Belastung, stark vom Modulationsgrad abhängen. Dabei ist zu beachten, dass eine höhere eingestellte Leistung des Brenners nicht automatisch eine höhere thermische Belastung der Ionisationselektrode zur Folge hat.

[0029] In Abhängigkeit des Modulationsgrads sowie in Abhängigkeit der Luftzahl, die das Verhältnis von Brennstoff zu Luft beschreibt, ändert sich die geometrische (dreidimensionale) Form der Reaktionszone, also der Flamme im Brenner bzw. über dem Flammkörper. Dabei weisen verschiedene Bereiche der Reaktionszone unterschiedlich hohe Temperaturen auf. Außerdem kann die Art der Strömung in verschiedenen Bereichen der Reaktionszone je nach Modulationsgrad und Luftzahl laminar oder turbulent sein. Je nachdem mit welchem Bereich, bzw. welchen Bereichen der Reaktionszone die Ionisationselektrode in Kontakt kommt, können entsprechend unterschiedliche thermische Belastungen auf die Ionisationselektrode einwirken, die beispielsweise auch entlang der Länge der Ionisationselektrode unterschiedliche hoch sein können.

[0030] Durch Auswerten von Messwerten einer Vielzahl von Wärmeerzeugern, bzw. von Messwerten eines Wärmeerzeugers über einen langen Zeitraum oder durch Simulationen und weitere Berechnungen, kann eine Abhängigkeit der Lebensdauer der Ionisationselektrode vom Modulationsgrad bestimmt werden. Insbesondere kann ein für die Lebensdauer der Ionisationselektrode besonders schädlicher erster Modulationsbereich identifiziert werden. Entsprechend kann ermittelt werden, welche Modulationsbereiche weniger schädlich für die Lebensdauer der Ionisationselektrode sind. Durch Vermeiden eines Betriebs des Brenners im besonders schädlichen ersten Modulationsbereich kann somit die Lebensdauer der Ionisationselektrode verlängert werden.

[0031] Erfindungsgemäß werden die korrigierten Regelparameter derart bestimmt, dass ein Betrieb des Brenners im ersten Modulationsbereich vermieden wird. Durch solch einen regelungstechnischen Eingriff kann somit die Lebensdauer der Ionisationselektrode verlängert werden. Insbesondere kann erreicht werden, dass die berechnete verbleibende Lebensdauer der Ionisationselektrode größer als der erste Grenzwert ist.

[0032] Die Recheneinrichtung der Datenverarbeitungsvorrichtung kann einen zweiten und einen dritten Modulationsbereich aus der Vielzahl festgelegter Modulationsbereiche bestimmen, so dass sich die Leistung des ersten Modulationsbereichs als arithmetisches Mittel aus der Leistung des zweiten Modulationsbereichs und der Leistung des dritten Modulationsbereichs ergibt.

[0033] Der zweite Modulationsbereich und der dritte Modulationsbereich müssen nicht unbedingt so gewählt werden, dass sich die Leistung des ersten Modulationsbereichs als arithmetisches Mittel aus der Leistung des zweiten Modulationsbereichs und der Leistung des dritten Modulationsbereichs ergibt. Entscheidend ist, dass im gepulsten Betrieb zwischen zweiten Modulationsbe-

reich und dritten Modulationsbereich der zeitliche Mittelwert der Leistung dem Wert der Leistung des ersten Modulationsbereichs entspricht. Somit kann der Brenner beispielsweise für einen Zeitraum t1 mit der Leistung des zweiten Modulationsbereichs und für einen von t1 verschiedenen Zeitraum t2 mit der Leistung des dritten Modulationsbereichs betrieben werden. Die Leistung des ersten Modulationsbereichs ergibt sich somit als gewichteter Mittelwert aus der Leistung des zweiten Modulationsbereichs und der Leistung des dritten Modulationsbereichs, wobei die Zeiträume t1 und t2 als Gewichtungsfaktoren dienen.

[0034] In weiteren bevorzugten Ausführungen kann der Brenner auch in mehr als zwei vom ersten Modulationsbereich verschiedenen Modulationsbereichen betrieben werden, so dass sich wiederum aus der zeitlichen Mittelung der Vielzahl von Modulationsbereichen die vorgegebene Leistung des ersten Modulationsbereichs ergibt.

[0035] Der zweite Modulationsbereich und der dritte Modulationsbereich sind Modulationsbereiche, bei denen eine relativ zum ersten Modulationsbereich geringere thermische Belastung auf die Ionisationselektrode einwirkt. Folglich kann die Lebensdauer der Ionisationselektrode beim Betreiben des Brenners im zweiten Modulationsbereich oder im dritten Modulationsbereich deutlich länger ausfallen als beim Betreiben des Brenners im ersten Modulationsbereich.

[0036] Beispielsweise kann es bei einem bestimmten Gerätetyp eines Wärmeerzeugers der Fall sein, dass eine Leistung von 50% (erster Modulationsbereich) besonders schädlich für die Lebensdauer der Ionisationselektrode ist. Eine Leistung von 40% (zweiter Modulationsbereich) bzw. 60% hat sich für den Gerätetyp jedoch als weniger schädlich erwiesen. Die Prozentangaben beziehen sich hierbei auf Prozent der Maximalleistung. Wird eine Leistungsabgabe von 50% angefordert kann der Wärmeerzeuger abwechselnd bei 40% und 60% betrieben werden, so dass sich im zeitlichen Mittel eine Leistungsabgabe von 50% ergibt, ohne dass der Brenner tatsächlich bei 50% betrieben wird.

[0037] Ein Dauerbetrieb im für die Lebensdauer der Ionisationselektrode schädlichen ersten Modulationsbereich wird bei diesem Verfahren vermieden. Stattdessen wird der Brenner abwechselnd bzw. gepulst im zweiten und dritten Modulationsbereich betrieben, die jeweils weniger schädlich für die Lebensdauer der Ionisationselektrode des betreffenden Gerätetyps sind. In der Folge wird die Lebensdauer der Ionisationselektrode im Vergleich zu einem Betrieb im ersten Modulationsbereich verlängert.

[0038] Die oben genannten Leistungswerte sind beispielhaft und können sich zwischen verschiedenen Wärmeerzeugern (Gerätetypen) deutlich voneinander unterscheiden. Für einen Wärmeerzeuger eines anderen Gerätetyps können beispielsweise Teillastbereiche (Modulationsbereiche) von 20% bis 60% Leistung, insbesondere 30% bis 40% Leistung besonders schädlich für die

Lebensdauer der Ionisationselektrode sein. Entsprechend können Teillastbereiche von 5% bis 10% bzw. 70% bis 90% weniger schädlich sein. Um eine Leistungsabgabe im schädlichen Teillastbereich zu erreichen, kann der Wärmeerzeuger entsprechend in den unschädlichen Teillastbereichen (zweiter und dritter Modulationsbereich) gepulst betrieben werden, so dass im zeitlichen Mittel eine Leistung des schädlichen Teillastbereichs (erster Modulationsbereich) erreicht wird.

[0039] Um für jeden in der Heizungsanlage verwendeten Gerätetyp relevante Daten bereitzustellen, können Werte für den ersten, zweiten und dritten Modulationsbereich jeweils in einer Tabelle gespeichert sein. Insbesondere kann die Tabelle auch entsprechende Regelparameter für den ersten, zweiten und dritten Modulationsbereich enthalten. Somit kann die Datenverarbeitungsvorrichtung auch ohne erneutes Durchführen aufwändiger Rechenvorgänge die entsprechenden Regelparameter bereitstellen, wenn erkannt wird, dass der erste Grenzwert für die Lebensdauer der Ionisationselektrode unterschritten werden könnte.

[0040] Wie oben beispielhaft beschrieben kann die Recheneinrichtung die korrigierten Regelparameter derart bestimmen, dass der Brenner abwechselnd im zweiten Modulationsbereich und im dritten Modulationsbereich betrieben wird, so dass der Brenner im zeitlichen Mittel, die Leistung des ersten Modulationsbereichs abgibt.

[0041] Statistische Auswertungen haben gezeigt, dass eine Ionisationselektrode eine bestimmte akkumulierte Verweilzeit in Bereichen hoher thermischer Belastung aushält. Entsprechend dem von der Nutzung abhängigen Betriebsverhalten eines Wärmeerzeugers kann abgeschätzt werden, wann diese akkumulierte Verweilzeit erreicht wird. Somit kann in Abhängigkeit der Nutzung ermittelt werden, wie lange eine Restlebensdauer der Ionisationselektrode des Wärmeerzeugers voraussichtlich ist.

[0042] Beispielsweise kann anhand von Messwerten einer Vielzahl von Wärmeerzeugern erkannt werden, dass Ionisationselektrode eines bestimmten Gerätetyps frühzeitig ausfallen, wenn hohe akkumulierte Verweilzeiten in einem bestimmten Modulationsbereich erreicht werden. Dieser besonders schädliche Modulationsbereich kann somit als "erster Modulationsbereich" identifiziert werden und mittels eines regelungstechnischen Eingriffs, also durch bestimmen korrigierter Regelparameter, im weiteren Betrieb des Wärmeerzeugers vermieden werden.

[0043] Durch bestimmen neuer, korrigierter Regelparameter kann das Betriebsverhalten des Wärmeerzeugers verändert werden. Dieser regelungstechnische Eingriff kann insbesondere dazu genutzt werden, um die Restlebensdauer der Ionisationselektrode des Wärmeerzeugers zu erhöhen, zum Beispiel um sicherzustellen, dass ein Wartungstermin ohne Ausfall der Ionisationselektrode erreicht wird. Hierbei kann ein zweiter Grenzwert festgelegt werden, der eine kleinste Restlebensdauer der Ionisationselektrode angibt. Die korrigier-

ten Regelparameter können dann insbesondere so bestimmt werden, dass die berechnete Restlebensdauer der Ionisationselektrode mindestens dem zweiten Grenzwert entspricht. Der zweite Grenzwert kann in Abhängigkeit eines vorgegebenen Wartungsintervalls bestimmt werden und beispielsweise einer verbleibenden Restzeit des Wartungsintervalls entsprechen.

[0044] Die oben beschriebene Heizungsanlage und das von der Heizungsanlage ausgeführte Verfahren können somit in vorteilhafter Weise sicherstellen, dass ein frühzeitiger Austausch einer Ionisationselektrode vermieden wird, bzw. dass eine Degradation der Ionisationselektrode so verringert wird, dass die Ionisationselektrode über ein festgelegtes Wartungsintervall fehlerfrei funktioniert.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0045] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen werden nachfolgend anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels, auf welches die Erfindung jedoch nicht beschränkt ist, näher beschrieben.

[0046] Es zeigen schematisch:

Figur 1 illustriert eine Heizungsanlage gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 2 zeigt ein Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

Figur 3 illustriert eine Zuverlässigkeitsfunktion.

Figur 4 zeigt ein exemplarisches Kennfeld der Elektrodenschädigung über die Betriebszeit.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG ANHAND VON AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

[0047] Bei der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder vergleichbare Komponenten.

[0048] Fig. 1 illustriert ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Heizungsanlage 1 mit einem Wärmeerzeuger 2, der beispielsweise in einem Gebäude angeordnet ist, und einer Datenverarbeitungsvorrichtung 20, die über ein Netzwerk 40 kommunikativ mit einer Regeleinrichtung 10 des Wärmeerzeugers 2 verbunden ist.

[0049] In Fig. 1 ist beispielhaft nur ein Wärmeerzeuger 2 dargestellt. Eine erfindungsgemäße Heizungsanlage 1 kann jedoch eine Vielzahl gleichartiger und/oder verschiedenartiger Wärmeerzeuger 2 umfassen, die jeweils kommunikativ über das Netzwerk 40 mit der Datenverarbeitungsvorrichtung 20 verbunden sind und über das Netzwerk 40 Daten mit der Datenverarbeitungsvorrichtung 20 austauschen. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf nur einem Wärmeerzeuger 2 und kann entsprechend auf eine Heizungsanlage 1 mit einer Vielzahl von Wärmeerzeugern 2 übertragen werden.

[0050] Die Datenverarbeitungsvorrichtung 20 umfasst eine Speichereinrichtung 21 zum Speichern von Daten

und eine Recheneinrichtung 22 zum Durchführen von Verfahren zum Verarbeiten von Daten, insbesondere von Messwerten, die vom Wärmeerzeuger 2 empfangen werden.

[0051] Die Datenverarbeitungsvorrichtung 20 ist beispielsweise ein an das Netzwerk 40 angeschlossener Server. Anstelle der Speichereinrichtung 21 oder zusätzlich zur Speichereinrichtung 21 kann ein ans Netzwerk 40 angeschlossener Cloudspeicher 30 zum Speichern der Daten verwendet werden. Als Netzwerk 40 kann beispielsweise das Internet verwendet werden.

[0052] Der Vorteil einer über das Internet angebundene Datenverarbeitungsvorrichtung ist, dass Daten einer Vielzahl von Wärmeerzeugern, die sich geographischer entfernt voneinander (z.B. in unterschiedlichen Gebäuden) befinden können, empfangen, gespeichert und verarbeitet werden können. Hierbei kann es sich um eine Vielzahl baugleicher oder verschiedener Wärmeerzeuger handeln. Insbesondere kann es vorteilhaft sein, Daten einer Vielzahl baugleicher oder bauähnlicher Wärmeerzeuger auszuwerten, die insbesondere baugleiche Ionisationselektroden aufweisen, um für eine bestimmte Bauart von Ionisationselektrode eine spezifische statistische Auswertung empfangener und gespeicherter Messwerte durchzuführen.

[0053] Der Wärmeerzeuger 2 umfasst einen Brenner 3 und eine Regeleinrichtung 10 zum Regeln eines Betriebszustands des Wärmeerzeugers 2 bzw. des Brenners 3. Der Brenner 3 weist eine Zündelektrode 4 zum Zünden eines Brennvorgangs in einem Brennraum des Brenners 3 auf. Eine Ionisationselektrode 5 zum Messen eines Ionisationsstroms ist in einer Reaktionszone des Brenners 3 angeordnet. Der Brenner 3 weist ferner einen Wärmetauscher 7 zum Übertragen der vom Brenner 3 erzeugten Wärme auf das Wärmeträgermedium auf.

[0054] Im Brennraum des Brenners 3 ist ein Flammkörper 8 angeordnet, aus dem ein Gas bzw. ein Gas-Luft-Gemisch in einen Brennraum, der den Flammkörper 8 umgibt, austritt. Nach Zünden des Gas-Luft-Gemischs mittels der Zündelektrode 4 bildet sich in der Reaktionszone um den Flammkörper 8 eine Flamme.

[0055] Fig. 2 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben der Heizungsanlage 1 illustriert. Der Block mit dem Bezugszeichen 2 bezieht sich auf den Wärmeerzeuger 2. Wenn dieser eine Anweisung zum Starten erhält, wird Brenner 2 mittels der Zündelektrode 4 gezündet.

[0056] Während des Betriebs des Wärmeerzeugers 2 werden Regelparameter und Messwerte P1 lokal von der Regeleinrichtung 10 gespeichert. Hierzu gehören insbesondere Betriebszeiten des Brenners 3, eine vorgegebene Leistung des Brenners 3, ein Zündzeitpunkt des Brenners 3 und der von der Ionisationselektrode 5 gemessene Ionisationsstrom.

[0057] Im Schritt S1 führt die Regeleinrichtung 10 eine Verarbeitung der Messwerte (z.B. Zündzeiten und Ionisationsströme) und der Stellgrößen (z.B. Modulation)

durch. Der Schritt S1 stellt insbesondere eine reine Aufbereitung der internen analogen Messgrößen in digital zu übermittelnde logische Größen dar.

[0058] In Schritt S2 überträgt die Regeleinrichtung 10 die verarbeiteten Messwerte P1, wie beispielsweise Zündzeiten (die z.B. mittels Erkennung über eine Ionisationsstrommessung bestimmt werden), Ionisationsströme sowie die aktuelle Ist-Modulation, über den Betriebszustand des Wärmeerzeugers 2 bzw. des Brenners 3 an die Datenverarbeitungsvorrichtung 20. Für die Kommunikation mit der Datenverarbeitungsvorrichtung 20 weist die Regeleinrichtung 10 eine Schnittstelle auf, über die der Wärmeerzeuger 2 mit dem Internet 40 verbunden ist. Die Datenverarbeitungsvorrichtung 20 speichert die empfangenen Messwerte P1 in einer Speichereinrichtung 21 bzw. in einem Cloudspeicher 30.

[0059] In Schritt S3 führt die Recheneinrichtung 22 der Datenverarbeitungsvorrichtung 20 eine Datenverarbeitung der empfangenen und gespeicherten Messwerte durch, um beispielsweise eine verbleibende Lebensdauer der Ionisationselektrode 5 zu berechnen. Bei der Datenverarbeitung kann die Recheneinrichtung 22 auch zuvor gespeicherte bzw. verarbeitete Daten P2 verwenden. Beispielsweise werden die empfangenen Messwerte P1 unter Verwendung eines angelernten Datenfelds mit historischen Felddaten ausgewertet. Zusätzlich oder alternativ kann beispielsweise eine Zuverlässigkeitsfunktion zum Verarbeiten der Daten in Schritt S2 verwendet werden. Die Zuverlässigkeitsfunktion wird weiter unten anhand von Fig. 3 näher beschrieben.

[0060] Die historischen Felddaten, die Zuverlässigkeitsfunktion, Simulationsdaten oder andere von der Recheneinrichtung 22 der Datenverarbeitungsvorrichtung 20 zum Verarbeiten der Daten P1 verwendeten Daten werden in Fig. 2 zusammenfassend als P2 bezeichnet.

[0061] Das Ergebnis der Datenverarbeitung in S2 wird als P3 bezeichnet und kann beispielsweise eine berechnete verbleibende Lebensdauer der Ionisationselektrode 5 und/oder einen Schädigungsindex der Ionisationselektrode 5 umfassen. Diese Werte können in der Speichereinrichtung 21 bzw. im Cloudspeicher 30 gespeichert werden.

[0062] In Schritt S4 wird ein Vergleich der Restlebensdauer der Ionisationselektrode 5 mit einem ersten Grenzwert durchgeführt. Falls die berechnete verbleibende Lebensdauer der Ionisationselektrode 5 gleich groß wie oder kleiner als der erste Grenzwert ist (JA) wird in Schritt S5 ein korrigierter Satz Regelparameter bestimmt und an die Regeleinrichtung 10 übertragen.

[0063] Ist die berechnete verbleibende Lebensdauer der Ionisationselektrode 5 gleich größer als der erste Grenzwert (NEIN) endet das Verfahren, ohne dass neue Regelparameter bestimmt werden, bzw. der Betrieb des Wärmeerzeugers 2 wird mit den alten Regelparametern fortgesetzt, solange der erste Grenzwert nicht unterschritten wird.

[0064] Im Folgenden wird die Zuverlässigkeitsfunktion anhand von Fig. 3 näher beschrieben. Die Zuverlässig-

keitsfunktion gibt eine Wahrscheinlichkeit an, dass die Ionisationselektrode 5 während einer definierten Zeitdauer unter vorgegebenen Betriebsbedingungen nicht ausfällt. Die Betriebsbedingungen können beispielsweise Betriebsparameter des Brenners 3 und Umgebungsbedingungen umfassen, wie zum Beispiel die Brennergeometrie, Abstand der Ionisationselektrode 5 vom Flammkörper 8, Abmessungen der Ionisationselektrode 5 und Materialeigenschaften der Ionisationselektrode 5.

[0065] Die dargestellte Kurve $f(t)$ wird als Ausfall-dichtefunktion bezeichnet und kann beispielsweise eine normalisierte Gauß-Verteilung sein, die eine Verteilung der Ausfälle in Abhängigkeit einer Betriebszeit t angibt. Normalisiert bedeutet, dass die Fläche unter der Kurve $f(t)$ gleich 1 ist. Durch Integrieren der Ausfall-dichtefunktion $f(t)$ bis zu einem bestimmten Zeitpunkt t_x kann die Ausfallwahrscheinlichkeit $F(t_x)$ für den Zeitpunkt t_x berechnet werden, die der Fläche unter der Kurve $f(t)$ links der gestrichelten Linie am Zeitpunkt t_x entspricht. Die Überlebenswahrscheinlichkeit für den Zeitpunkt t_x $R(t_x)$ ergibt sich dann als $R(t_x) = 1 - F(t_x)$. Die Fläche rechts der gestrichelten Linie am Zeitpunkt t_x ist dann entsprechend $R(t_x)$. Ferner kann eine Ausfallrate $\lambda(t) = f(t)/R(t)$ definiert werden, die ebenfalls in Fig. 3 dargestellt ist.

[0066] Die Kurve $f(t)$ kann insbesondere durch statistisches Auswerten einer Vielzahl von Messwerten über viele Betriebsstunden ermittelt werden. Dabei können insbesondere Messwerte einer Vielzahl gleichartiger Gerätetypen von Wärmeerzeugern herangezogen werden.

[0067] Fig. 4 zeigt ein exemplarisches Kennfeld der Elektrodenschädigung über die Betriebszeit. Aus Versuchen, Simulationen sowie einer kontinuierlichen Auswertung von Betriebsprofilen einer Vielzahl von Wärmeerzeugern in Kombination mit festgestellten Schadens- bzw. Verschleißereignissen (Degradation) lassen sich für Komponenten der Wärmeerzeuger (hier insbesondere die Ionisationselektrode) Schädigungseinflüsse bestimmen und mit einer dazugehörigen Zuverlässigkeitsfunktion (Überlebenswahrscheinlichkeit) $R(t)$ verknüpfen. Ein Betriebsprofil wird insbesondere durch Messwerte bzw. Betriebsparameter wie Modulationsgrad, Abgastemperatur, Betriebsdauer usw. beschrieben. Je nachdem, in welche Klasse oder Kategorie von Schädigungseinflüssen ein einzelner Wärmeerzeuger in Abhängigkeit seines Betriebsprofils fällt, kann über das global erzeugte Kennfeld in Abhängigkeit seiner Betriebsdauer (Betriebszeit) eine Überlebenswahrscheinlichkeit bzw. Zuverlässigkeit bestimmt werden. Die Klasse oder Kategorie von Schädigungseinflüssen beschreibt welche Schädigung in Abhängigkeit des Betriebes auf die Ionisationselektroden bzw. andere Bauteile einwirken kann und bezieht sich auf die Achse "Schädigungsindex" in Fig. 4.

[0068] Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen und den Zeichnungen offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausgestaltungen von Bedeutung sein.

Patentansprüche

1. Heizungsanlage (1) umfassend:

einen Wärmeerzeuger (2) zum Erhitzen eines Wärmeträgermediums, umfassend:

einen Brenner (3);
eine im Brenner (3) angeordnete Zündelektrode (4);
eine im Brenner (3) angeordnete Ionisationselektrode (5) zum Messen eines Ionisationsstroms in einer Reaktionszone (6) des Brenners (3);
einen Wärmetauscher (7) zum Übertragen der vom Brenner (3) erzeugten Wärme auf das Wärmeträgermedium; und
eine Regeleinrichtung (10) zum Regeln eines Betriebszustands des Wärmeerzeugers (2) in Abhängigkeit von Regelparametern (Pa); und

eine kommunikativ mit der Regeleinrichtung (10) verbundene Datenverarbeitungsvorrichtung (20) mit einer Speichereinrichtung (21) zum Speichern von Daten und einer Recheneinrichtung (22) zum Verarbeiten von Daten, wobei:

die Regeleinrichtung (10) konfiguriert ist:
regelmäßig eine Vielzahl von Messwerten über den Betriebszustand des Wärmeerzeugers (2) an die Datenverarbeitungsvorrichtung (20) zu übertragen, und
Regelparameter (Pa) zum Regeln des Wärmeerzeugers (2) von der Datenverarbeitungsvorrichtung (20) zu empfangen;

die Datenverarbeitungsvorrichtung (20) konfiguriert ist:

die von der Regeleinrichtung (10) empfangenen Messwerte in der Speichereinrichtung (21) zu speichern, in Abhängigkeit der gespeicherten Messwerte eine verbleibende Lebensdauer der Ionisationselektrode (5) zu berechnen, und
falls die berechnete verbleibende Lebensdauer gleich groß wie oder kleiner als ein erster Grenzwert ist, einen korrigierten Satz Regelparameter (Pa) zu bestimmen und an die Regeleinrichtung (10) zu übertragen,

dadurch gekennzeichnet dass die Rechen-

einrichtung (22) konfiguriert ist:
die verbleibende Lebensdauer der Ionisationselektrode (5) in Abhängigkeit akkumulierter Verweildauern in einer Vielzahl festgelegter Modulationsbereiche des Brenners (3) zu berechnen, wobei jeder Modulationsbereich einer Leistung des Brenners (3) entspricht.

2. Heizungsanlage (1) nach Anspruch 1, wobei die Regeleinrichtung (10) konfiguriert ist, mindestens die folgenden Messwerte über den Betriebszustand des Wärmeerzeugers (2) zusammen mit einem jeweiligen Zeitpunkt der Messung regelmäßig an die Datenverarbeitungsvorrichtung (20) zu übertragen:

Betriebszeiten des Brenners (3) und/oder eine Leistung des Brenners (3) und/oder Zündzeiten des Brenners (3) und/oder den Ionisationsstrom.

3. Heizungsanlage (1) nach Anspruch 1, wobei die Recheneinrichtung (22) konfiguriert ist:

einen ersten Modulationsbereich aus der Vielzahl festgelegter Modulationsbereiche zu bestimmen, bei dem die berechnete verbleibende Lebensdauer der Ionisationselektrode (5) minimal wird; und
den korrigierten Satz Regelparameter (Pa) derart zu bestimmen, dass ein Betrieb des Brenners (3) im ersten Modulationsbereich vermieden wird.

4. Heizungsanlage (1) nach Anspruch 3, wobei die Recheneinrichtung (22) konfiguriert ist:

einen zweiten und einen dritten Modulationsbereich aus der Vielzahl festgelegter Modulationsbereiche zu bestimmen, so dass sich die Leistung des ersten Modulationsbereichs als gewichtetes Mittel aus der Leistung des zweiten Modulationsbereichs und des dritten Modulationsbereichs ergibt; und
den korrigierten Satz Regelparameter (Pa) derart zu bestimmen, dass der Brenner (3) abwechselnd für eine erste Zeitdauer im zweiten Modulationsbereich und für eine zweite Zeitdauer im dritten Modulationsbereich betrieben wird, so dass der Brenner (3) im zeitlichen Mittel, die Leistung des ersten Modulationsbereichs abgibt, wobei die erste Zeitdauer und die zweite Zeitdauer die Gewichte beim Bestimmen des gewichteten Mittels sind.

5. Verfahren zum Betreiben einer Heizungsanlage (1) mit

einem Wärmeerzeuger (2) zum Erhitzen eines Wärmeträgermediums;
 einer Regeleinrichtung (10) zum Regeln eines Betriebszustands des Wärmeerzeugers (2) in Abhängigkeit von Regelparametern (Pa); und
 einer kommunikativ mit der Regeleinrichtung (10) verbundenen Datenverarbeitungsvorrichtung (20) mit einer Speichereinrichtung (21) zum Speichern von Daten und einer Recheneinrichtung (22) zum Verarbeiten von Daten, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Zünden eines Brennvorgangs im Brenner (3) des Wärmeerzeugers (2) mittels einer im Brenner (3) angeordneten Zündelektrode (4);
 Betreiben des Brenners (3) bei einer festgelegten Leistung, wobei die vom Brenner (3) erzeugte Wärme über einen Wärmetauscher auf das Wärmeträgermedium übertragen wird;
 Messen eines Ionisationsstroms in einer Reaktionszone (6) des Brenners (3) mit einer Ionisationselektrode (5);
 regelmäßiges Übertragen einer Vielzahl von Messwerten über den Betriebszustand des Wärmeerzeugers (2) von der Regeleinrichtung (10) an die Datenverarbeitungsvorrichtung (20);
 Übertragen von Regelparametern (Pa) zum Regeln des Wärmeerzeugers (4) von der Datenverarbeitungsvorrichtung (20) an die Regeleinrichtung (10);
 Speichern der von der Regeleinrichtung (10) übertragenen Messwerte in der Speichereinrichtung (21);
 Berechnen einer verbleibenden Lebensdauer der Ionisationselektrode (5) in Abhängigkeit der gespeicherten Messwerte durch eine Recheneinrichtung (22) der Datenverarbeitungsvorrichtung (20); und
 falls die berechnete verbleibende Lebensdauer gleich groß wie oder kleiner als ein erster Grenzwert ist, Bestimmen und Übertragen eines korrigierten Satzes Regelparameter (Pa) durch die Datenverarbeitungsvorrichtung (20) an die Regeleinrichtung (10),

dadurch gekennzeichnet, dass die Datenverarbeitungsvorrichtung (20):
 die verbleibende Lebensdauer der Ionisationselektrode (5) in Abhängigkeit akkumulierter Verweildauern in einer Vielzahl festgelegter Modulationsbereiche des Brenners (3) berechnet, wobei jeder Modulationsbereich einer Leistung des Brenners (3) entspricht.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Regeleinrichtung (10) mindestens die folgenden Messwerte über den Betriebszustand des Wärmeerzeugers (2) zusammen mit einem jeweiligen Zeitpunkt der Messung regelmäßig an die Datenverarbeitungsvorrichtung (20) überträgt:

Betriebszeiten des Brenners (3) und/oder eine Leistung des Brenners (3) und/oder Zündzeiten des Brenners (3) und/oder den Ionisationsstrom.

7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Datenverarbeitungsvorrichtung (20):

einen ersten Modulationsbereich aus der Vielzahl festgelegter Modulationsbereiche bestimmt, bei dem die berechnete verbleibende Lebensdauer der Ionisationselektrode (5) minimal wird; und
 den korrigierten Satz Regelparameter (Pa) derart bestimmt, dass ein Betrieb des Brenners (3) im ersten Modulationsbereich vermieden wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Datenverarbeitungsvorrichtung (20):

einen zweiten und einen dritten Modulationsbereich aus der Vielzahl festgelegter Modulationsbereiche bestimmt, so dass sich die Leistung des ersten Modulationsbereichs als gewichtetes Mittel aus der Leistung des zweiten Modulationsbereichs und des dritten Modulationsbereichs ergibt; und
 den korrigierten Satz Regelparameter (Pa) derart bestimmt, dass der Brenner (3) abwechselnd für eine erste Zeitdauer im zweiten Modulationsbereich und für eine zweite Zeitdauer im dritten Modulationsbereich betrieben wird, so dass der Brenner (3) im zeitlichen Mittel, die Leistung des ersten Modulationsbereichs abgibt, wobei die erste Zeitdauer und die zweite Zeitdauer als Gewichte beim Bestimmen des gewichteten Mittels verwendet werden.

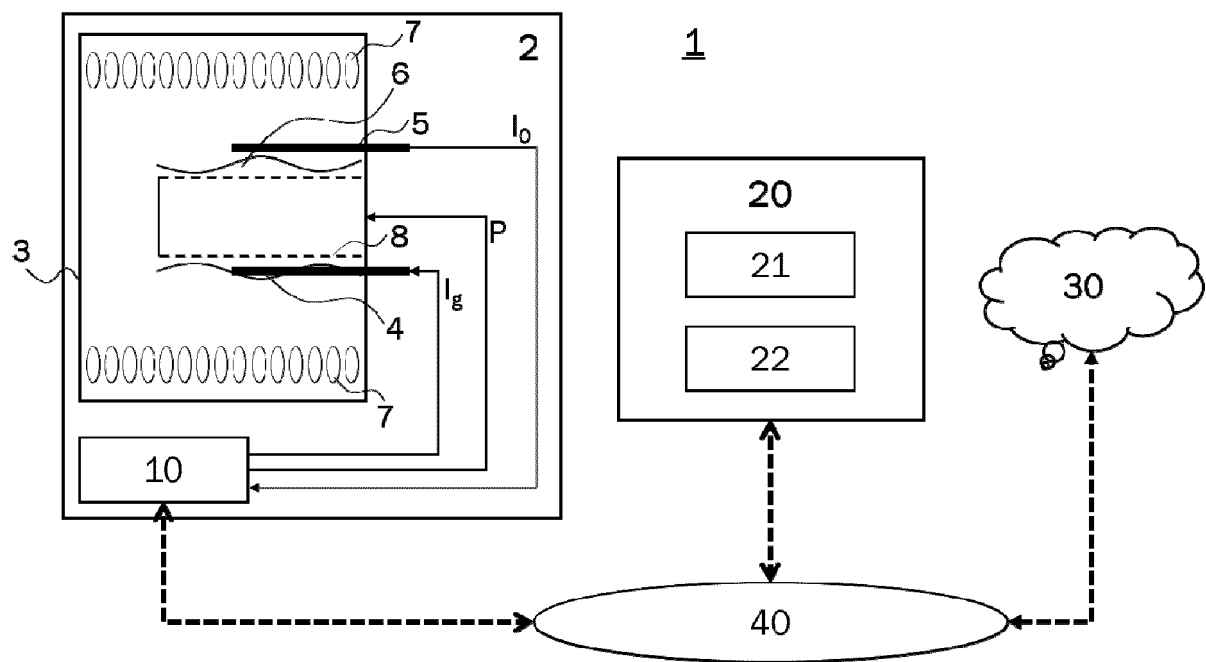


Fig. 1

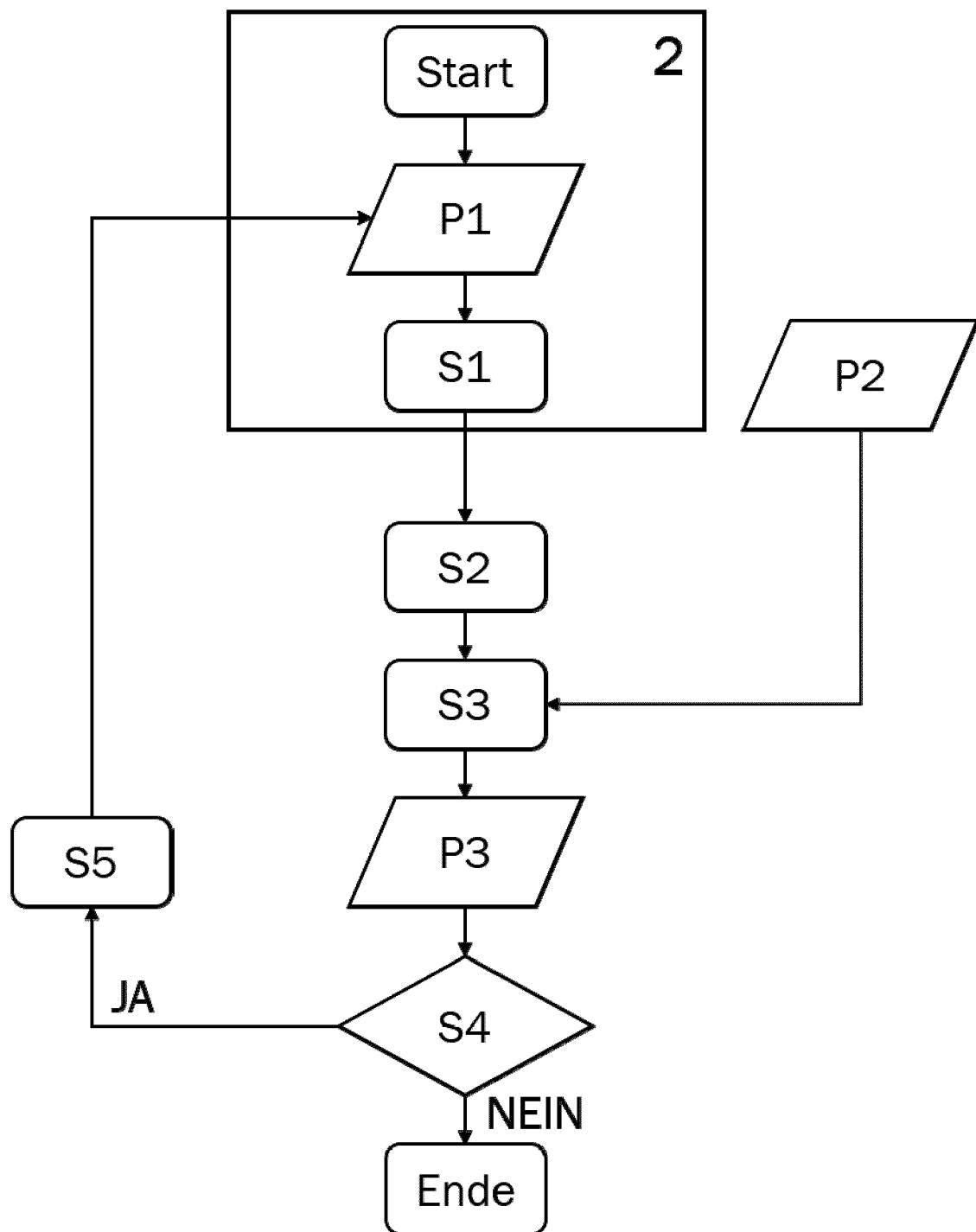


Fig. 2

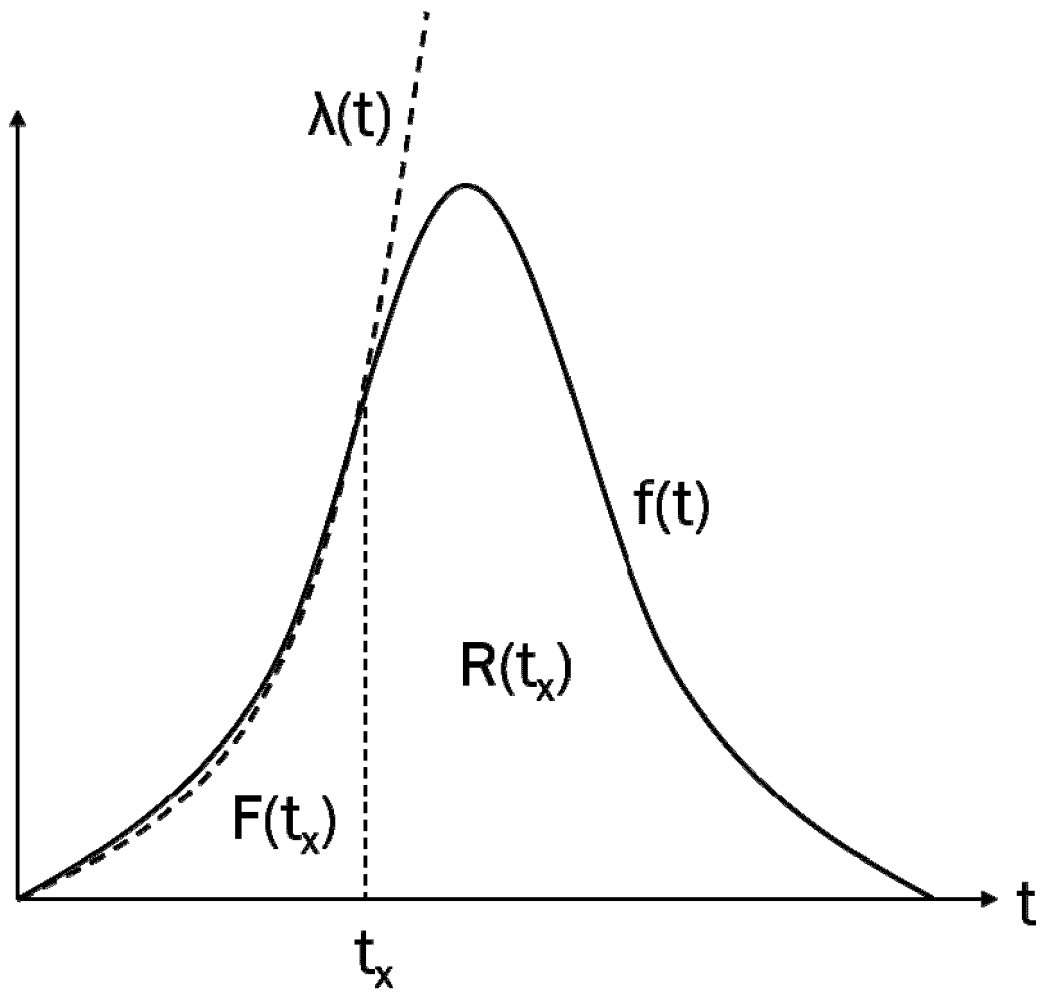


Fig. 3

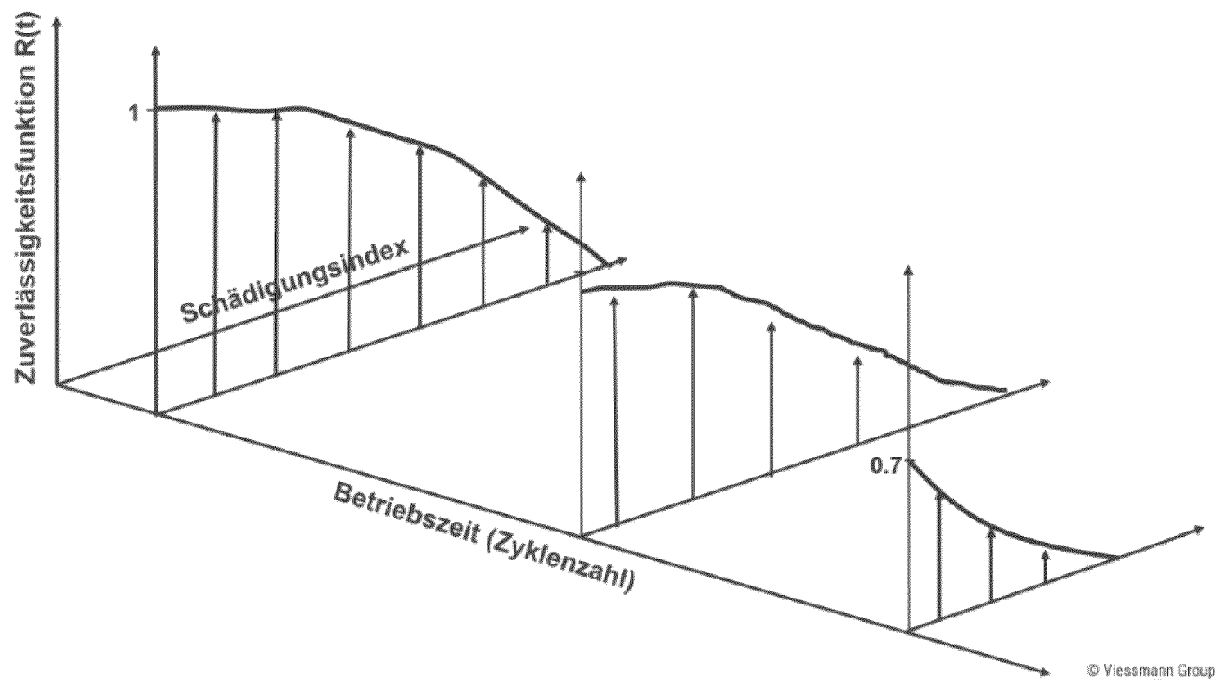


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 20 3275

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A, D	EP 3 290 797 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 7. März 2018 (2018-03-07) * Spalte 5, Absatz 24 - Spalte 13, Absatz 55 * * Abbildungen 1-3 *	1-8	INV. F23N5/12 F23N5/24
A, D	DE 100 03 819 C1 (HONEYWELL BV [NL]) 17. Mai 2001 (2001-05-17) * das ganze Dokument *	1-8	
A	EP 3 690 318 A2 (VAILLANT GMBH [DE]) 5. August 2020 (2020-08-05) * Spalte 6, Zeile 51 - Spalte 7, Zeile 17 * * Spalte 8, Zeile 23 - Spalte 11, Zeile 5 * * Abbildungen 1-3 *	1-8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 4. März 2022	Prüfer Rudolf, Andreas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 20 3275

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

04-03-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3290797 A1	07-03-2018	KEINE	
DE 10003819 C1	17-05-2001	CA 2365618 A1	02-08-2001
		DE 10003819 C1	17-05-2001
		EP 1173713 A1	23-01-2002
		US 2004009442 A1	15-01-2004
		WO 0155643 A1	02-08-2001
EP 3690318 A2	05-08-2020	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 3581850 A **[0004]**
- DE 102019107367 A1 **[0004]**
- EP 0770824 B1 **[0004]**
- EP 2466204 B1 **[0004]**
- EP 3290797 A1 **[0005]**
- DE 10003819 C1 **[0006]**